

УДК 624.012.35.044

С.Л.ШАПОВАЛ, канд. техн. наук

Київський національний торгово-економічний університет

**ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ
ЕЛЕМЕНТІВ З ЦЕГЛЯНОЇ КЛАДКИ ПРИ МІСЦЕВОМУ СТИСНЕННІ З
ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ (МСЕ)**

Наводиться алгоритм дослідження напружено-деформованого стану цегляних конструкцій при їх місцевому стисненні, який базується на результатах експериментальних досліджень та застосуванні методу скінченних елементів.

Сучасне будівництво все більше потребує застосування цегляних конструкцій оскільки вони мають ряд переваг над іншими, наприклад, залізобетонними. Існуючі будівлі з таких матеріалів часто підлягають реконструкції з влаштуванням нових довговічних перекриттів. При цьому виникають проблеми щодо визначення міцності в місцях локального передавання навантаження з конструкцій перекриття на стіни та стовпи з кам'яної кладки.

Існуючий нині емпіричний підхід [6] одержання залежностей для розрахунку міцності при складних НДС не завжди дозволяє виявити всі фактори, які впливають на міцність цегляних конструкцій при місцевому стисненні. Отримані таким чином формули не є універсальними, бо розроблені на підставі обмежених експериментальних даних для окремих (до того ж недостатньо класифікованих) варіантів місцевого зминання. Альтернативним напрямком розв'язання задач міцності при складних НДС є використання загальної теорії механіки твердого деформованого тіла, яка дасть змогу врахувати всі характеристики міцності цегляної кладки, характер руйнування, розміри елемента та площі навантаження.

Проблемам дослідження кам'яних конструкцій (умови роботи, НДС, міцність, експлуатація та реконструкція, підсилення тощо) присвячені праці вітчизняних учених: Г.М.Брусенцова, П.Ф.Вахненко, В.С.Дорофєєва, Є.В.Клименка, А.Є.Копейка, Г.А.Молодченка, Л.М.Фомиці, О.Л.Шагіна, В.С.Шмуклера [1-3, 7-9] та ін. У попередніх роботах автора [4, 5] наведені результати експериментальних досліджень фрагментів цегляних конструкцій (рис.1) при їх місцевому стисненні. Проблема у відсутності чіткого аналітичного визначення граничного навантаження. Раніше було наведено рекомендації щодо розрахунку міцності лише для пружної стадії роботи конструкції, що не відповідає фактичній роботі цегляної кладки в момент руйнування.

Метою даної роботи є встановлення закономірностей розподілу напружень місцево стиснутих цегляних елементів на основі експери-

ментальних досліджень та методу скінченних елементів.

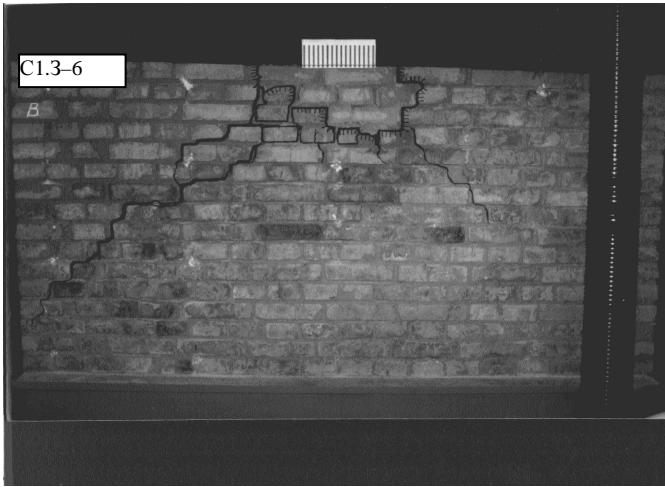


Рис.1. – Зразок С1.3-6 після випробування

У процесі досліджень цегляна кладка розглядалась як монолітне неоднорідне пружно-пластичне тіло, що складається з цегли і швів, заповнених розчином. Особливістю роботи кладки є наявність складного напруженого стану цегли та розчину, що спричиняє одночасно позацинтрое стиснення, згин, розтяг, зминання тощо. Основними причинами такого стану є наступні фактори: неоднорідність укладання розчину, відмінність деформаційних властивостей цегли та розчину, наявність вертикальних швів у кладці, неоднорідність цегли, неправильна форма цегли.

Дослідження механічної поведінки цегляної кладки проводиться на основі числового розв'язку об'ємної задачі механіки деформування і руйнування неоднорідних тіл з урахуванням структурного руйнування для різних випадків макрооднорідного напружено-деформованого стану. Розглядається представницький об'єм неоднорідного середовища або об'ємна чарунка періодичності. Вважається, що структурні елементи є ізотропними та пружно крихкими. Поведінка матеріалу на макрорівні описується нелінійними визначальними співвідношеннями ортотропних середовищ. Обчислення ефективних модулів і побудова ефективних функцій матеріалу, які описують непружне деформування середовища на макрорівні, виконується на основі встановлення зв'язку між обчисленими макронапруженнями та заданими макродеформаціями.

Розв'язок задачі передбачає необхідність задати властивості структурних елементів (деформаційні – модуль пружності, міцнісні згідно з обраним критерієм руйнування) і обрати схему зміни деформаційних властивостей.

Конструкція кладки своєю регулярністю дає можливість використати метод скінченних елементів. Програма створена на мові параметричного проектування APDL, вбудованій в програмний кінцево-елементний комплекс ANSYS. Задача вирішується за алгоритмом, наведеним на рис.2.

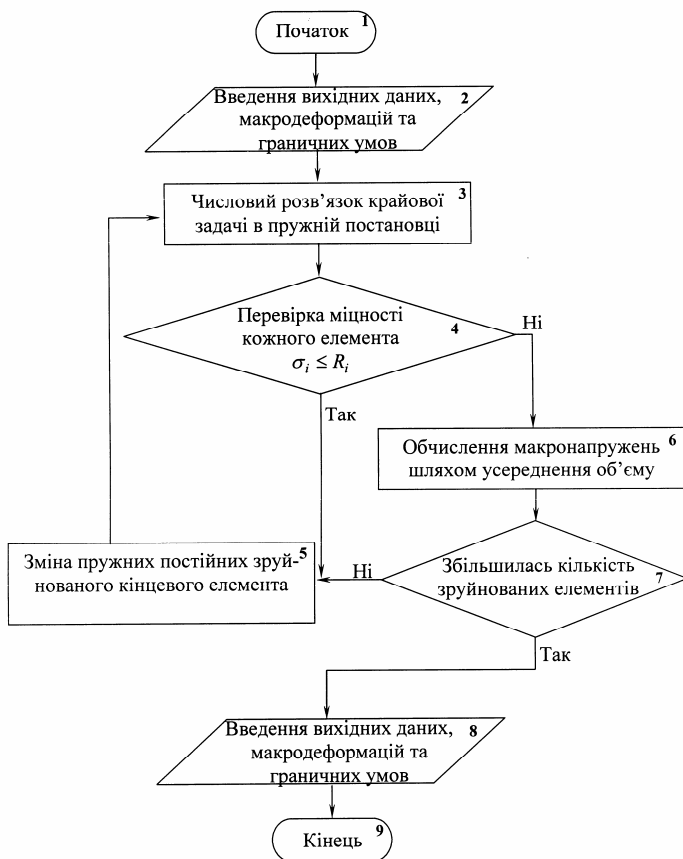


Рис.2 – Алгоритм визначення напружень та міцності кам'яної кладки МСЕ

Модель враховує фізичну нелінійність кладки, обумовлену про-

гресуючим руйнуванням швів кладки з наступним перерозподілом зусиль в них. Для розв'язку задачі обрано ступеневий метод навантаження.

Результатом розв'язку задачі є залежність макронапружень від деформацій для вибраної схеми макродеформування. У даній роботі перевіряється гіпотеза руйнування цегляної кладки в результаті набуття першими головними напруженнями критичного значення.

Схеми розподілу напружень наведені на рис.3-5.

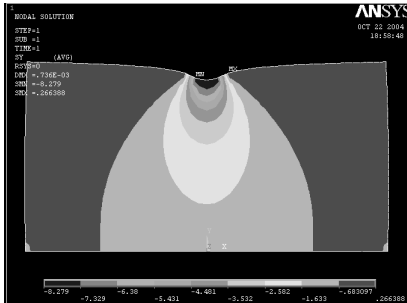


Рис.3 – Розподіл напружень σ_y у момент руйнування зразка C1.3-6

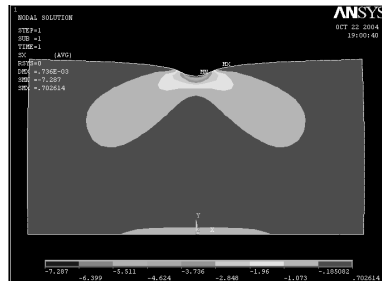


Рис.4 – Розподіл напружень σ_x у момент руйнування зразка C1.3-6

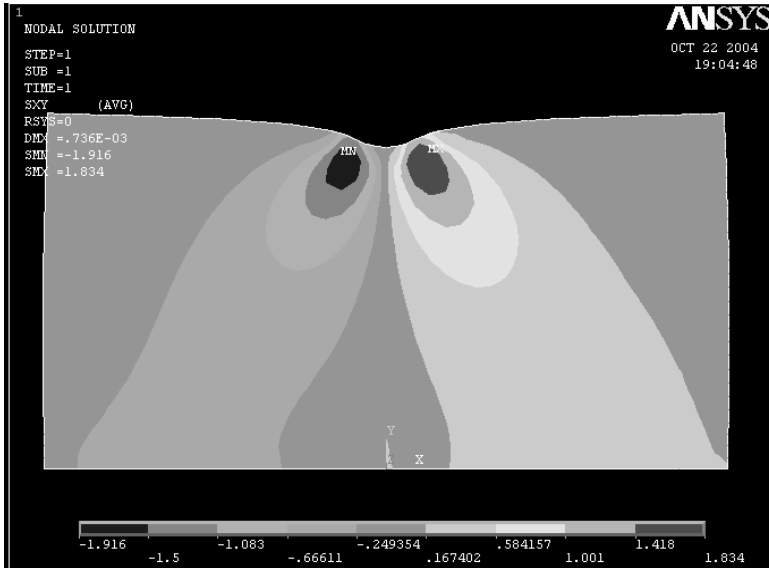


Рис.5 – Розподіл напружень τ_{xy} у момент руйнування зразка C1.3-6

Співставлення результатів експериментальних досліджень напружено-деформованого стану з розподілом напружень, отриманих із застосуванням методу скінчених елементів для двох випадків місцевого стиснення показало достатню відповідність.

У подальшому необхідно проаналізувати роботу кладки та розробити моделі руйнування, на основі яких встановити розрахункові схеми для цегляних конструкцій при їх місцевому стисненні.

1.Брусенцов Г.Н., Будрейка В.Э. Экспериментально-теоретические исследования фрагментов каменной кладки при плоском напряженном состоянии // Исследования и методы расчёта строительных конструкций и сооружений: Тр. ЦНИИСК им В.А.Кучеренко. – М., 1985. – С.94-101.

2.Вахненко П.Ф., Клименко Є.В., Шаповал С.Л. Про міцність масивної кам'яної кладки при її місцевому завантаженні // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.30. – К.: Техніка, 2001. – С.75–80.

3.Дорофеев В.С., Яременко Е.А. Прочность и деформации поврежденных армокаменных столбов при внецентренном сжатии // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.39. – К.: Техніка, 2002. – С.105-111.

4.Клименко Є.В., Шаповал С.Л. Робота цегляної кладки при її місцевому стиску // Науковий вісник будівництва. Вип.23. – ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2003. – С.136-139.

5.Клименко Є.В., Шаповал С.Л. Експериментальні дослідження кам'яної кладки при її місцевому стиску // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). Вип.7. – Полтава: Полт. держ. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка, 2001. – С.58-63.

6.СНиП II-22-81. Каменные и армокаменные конструкции. – М.: Стройиздат, 1983. – 40 с.

7.Фомица Л.Н., Андрух С.Л. Разработка неразрушающего метода для обследования кирпичной кладки // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. тр. Вып.25. – Днепропетровск: Приднепровская гос. акад. стр-ва и архит., 2003. – С.175-176.

8.Шагин А.Л., Копейко А.Е., Сушко Е.Н. Эффективные способы усиления каменных конструкций // Будівельні конструкції: Зб. наук. пр. Вип.54. – К.: НДІБК, 2001. – С.766-770.

9.Шмуклер В.С., Молодченко Г.А., Новая конструктивная система для жилищно-гражданского строительства // Тез. докл. Всесоюзн. конф. «Новые технологии возведения зданий, расчет строительных конструкций». Ч.7. – Белгород, 1991 – С.124.

Отримано 24.10.2005

УДК 624.159

Е.Г.СТОЯНОВ, канд. техн. наук, Ю.М.ПОПОВИЧ

Харьковская национальная академия городского хозяйства

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ АРМОКИРПИЧНОГО КАРКАСА ДЛЯ СКЛАДСКОГО МНОГОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ С СЕТКОЙ КОЛОНН 12х6 м

На основе экономической целесообразности рассматривается каркасное складское здание, в котором роль несущих вертикальных элементов выполняют кирпичные простенки с пилястрами и кирпичные столбы, усиленные стальными обоями.